

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебной работе

\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

элективной дисциплины, части формируемой участниками образовательных  
отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)».

**«Катализаторы в тонком органическом синтезе»**

Направление подготовки магистров 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) – Химия функциональных наноматериалов

Тип задач профессиональной деятельности – научно-исследовательский

Форма обучения – очная

Химико-технологический факультет  
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»

Тверь 20\_\_

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки магистров  
в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:  
профессор кафедры БХС

В.Г. Матвеева

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БХС  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой

М.Г. Сульман

Согласовано:  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

## 1. Цель и задачи дисциплины

**Целью** изучения дисциплины «Катализаторы в тонком органическом синтезе» является формирование у студентов знаний и навыков по использованию новых каталитически активных систем в химических процессах.

**Задачами дисциплины** являются:

- формирование представлений о катализе и катализаторах, механизмах каталитических реакций, способах использования катализаторов в различных областях химической технологии;
- формирование навыков оценки каталитического действия, выбора оптимального катализатора для различных реакций;
- формирование способности использовать катализаторы в тонком органическом синтезе, предлагать гипотезу о механизме действия катализаторов.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к элективной дисциплине, части формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)». Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в процессе изучения дисциплин: «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физические методы исследования», «Актуальные задачи современной химии», «Физико-химия наноструктурированных веществ», «Методы синтеза нанокластеров и наноструктур».

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем для выполнения научно-исследовательской работы, написании статей и тезисов, при подготовке выпускной квалификационной работы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

**Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-1.** Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области катализа в тонкой органической химии.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-1.2.** *Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы синтеза гетерогенных каталитических катализаторов для органического синтеза.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

31.1. Экспериментальные и расчетно-теоретические методы синтеза гетерогенных каталитических катализаторов для органического синтеза.

31.2. Основы катализа, механизмы взаимодействия катализаторов и реагентов.

31.3 Способы применения катализаторов в нефтехимической, химической, пищевой промышленности, в производстве синтетических материалов, биологически активных веществ, витаминов и лекарственных препаратов.

**Уметь:**

У1.1. Оценивать эффективность использования катализаторов, выбирать наиболее оптимальный катализатор для различных реакций.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП1.1. По синтезу и использованию катализаторов в тонком органическом синтезе.

**Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-2.** Способен проводить патентно-информационные исследования в области катализа в тонком органическом синтезе.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-2.2.** *Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в области катализа в тонком органическом синтезе.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

32.1. Методы проведения патентного поиска в области катализа в тонком органическом синтезе.

**Уметь:**

У2.1. Анализировать и обобщать результаты патентного поиска в области катализа в тонком органическом синтезе.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП2.1. Обработки данных патентного поиска в области катализа в тонком органическом синтезе.

**ИПК-2.3.** *Анализирует и обобщает отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования в области катализа в тонком органическом синтезе.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

33.1. Методы анализа отечественной и зарубежной литературы в области катализа в тонком органическом синтезе.

**Уметь:**

У3.1. Анализировать отечественный и зарубежный опыт в области катализа в тонком органическом синтезе.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП3.1. Проведения анализа по данным отечественного и зарубежного опыта в области катализа в тонком органическом синтезе.

**3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных занятий; выполнение практических работ; самостоятельная работа под руководством преподавателя.

#### 4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	4	144
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		39
В том числе:		
Лекции		26
Практические занятия (ПЗ)		13
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		69+36(экз)
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к практическим занятиям		40
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		не предусмотрен
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		29+36(экз)
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		13
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Практические занятия (ПЗ)		13
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. работа
1	Введение. Предмет и задачи курса.	8	2	1	-	4+1(экз.)
2	Три области катализа.	12	2	1	-	6+3(экз.)
3	Теории гомогенного и гетерогенного катализа	12	2	1	-	6+3(экз.)
4	Основные типы взаимодействий.	12	2	1	-	6+3(экз.)
5	Гомогенный катализ комплексами переходных металлов.	15	3	1	-	7+4(экз.)
6	Активация молекул в каталитическом цикле	14	2	1	-	7+4(экз.)
7	Элементарные процессы в химии переходных металлов	12	2	1	-	6+3(экз.)

8	Механизмы реакций.	16	3	2	-	7+4(экз.)
9	Гетерогенный катализ.	14	3	2	-	6+3(экз.)
10	Перспективы развития катализа в тонком органическом синтезе	15	3	1	-	7+4(экз.)
11	Применение катализа в тонком органическом синтезе	14	2	1	-	7+4(экз.)
<b>Всего на дисциплину</b>		<b>144</b>	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>-</b>	<b>69+36(экз)</b>

## 5.2. Содержание дисциплины

### **МОДУЛЬ 1 «ВВЕДЕНИЕ. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ КУРСА»**

Понятие катализатора и его применение в тонком органическом синтезе. Краткая история возникновения катализаторов. Значение курса в усвоение профилирующих дисциплин магистра.

### **МОДУЛЬ 2 «ТРИ ОБЛАСТИ КАТАЛИЗА»**

Электронная природа катализа. Квантово-химические модели в гетерогенном катализе. Термодинамическое и кинетическое толкование каталитических реакций. Конструирование кинетических моделей реакций в гетерогенном катализе. Классификация гомогенных каталитических реакций.

### **МОДУЛЬ 3 «ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ»**

Общая теория промежуточных комплексов в гомогенном катализе. Основные положения и сущность мультиплетной теории в гетерогенном катализе. Теория ансамблей. Электронная теория катализа.

### **МОДУЛЬ 4 «ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ»**

Электрофильные и нуклеофильные взаимодействия. Электронные донорно-акцепторные взаимодействия. Радикальные взаимодействия.

### **МОДУЛЬ 5 «ГОМОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ КОМПЛЕКСАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»**

Способность d-металлов к образованию связей. Широкий выбор лигандов, влияние лигандов. Способность d-металлов к вариации степени окисления, координационного числа.

### **МОДУЛЬ 6 «АКТИВАЦИЯ МОЛЕКУЛ В КАТАЛИТИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ»**

Активация молекул в каталитическом цикле: путем координации и присоединения (окислительное, гомолитическое, гетеролитическое).

## **МОДУЛЬ 7 «ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»**

Координация и диссоциация лигандов. Окислительное присоединение и восстановительное элиминирование. Реакции внедрения и обратные реакции. Реакции циклоприсоединения и электролитические реакции. Стереохимическая нежесткость и политопальные перегруппировки. Реакции координированных лигандов.  $\delta$ - и  $\pi$ -перегруппировки. Каталитический цикл. Правило «16 и 18 электронов».

## **МОДУЛЬ 8 «МЕХАНИЗМЫ РЕАКЦИЙ»**

Гидролиз и конденсация. Полярное присоединение и ионное отщепление. Окислительно-восстановительные реакции с переносом электрона. Реакции переноса групп. Реакции переноса метильной группы. Изомеризация. Гидрирование. Карбонилирование. Олигомеризация. Реакции полимеризации. Реакции окисления. Карбеноидные реакции. Энантиоселективные каталитические реакции.

## **МОДУЛЬ 9 «ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ»**

Методы получения гетерогенных катализаторов: осаждения, пропитки, плавления, выщелачивания. Носители для катализаторов: оксид алюминия, кремнезем, активный уголь. Катализаторы на основе металлов, иммобилизованных в полимерной матрице, Промоторы. Ингибиторы.

## **МОДУЛЬ 10 «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАТАЛИЗА В ТОНКОМ ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ»**

Гетерогенизация гомогенных катализаторов. Ферментоподобные катализаторы. Межфазные катализаторы. Мицеллярные катализаторы на полимерной основе.

## **МОДУЛЬ 11 «ПРИМЕНЕНИЕ КАТАЛИЗА В ТОНКОМ ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ»**

Производства биологически активных соединений в пищевой промышленности, в технологии лекарственных средств и витаминов.

### **5.3. Лабораторные работы**

Учебным планом лабораторные работы не предусмотрены.

### **5.4. Практические занятия**

Таблица 3. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий	Примерная тематика занятий и форма их проведения	Трудоемкость в часах
<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> Ознакомление с основными процессами тонкого органического синтеза.	Каталитическое гидрирование. Насыщенное гидрирование. Селективное гидрирование алкенов и алкинов. Гидрирование альдегидов и кетонов. Асимметрическое	1

	гидрирование. Каталитическое карбонилирование алкинов, алкенов, спиртов.	
<b>Модуль 2</b> <b>Цель:</b> Ознакомление с основами применения катализа.	Катализ и катализаторы. Активность, селективность, специфичность, энантиоселективность в катализе. Число (частота) оборотов. Сравнение указанных показателей для гомогенных и гетерогенных катализаторов. Три стадии гетерогенного процесса. Диффузионная кинетика. Кинетическое и диффузионное сопротивление	1
<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> Ознакомление с теориями гомогенного и гетерогенного катализа.	Основной и тонкий органический синтез (ТОС). Особенности продуктов ТОС. Е-фактор. Идеальный химический синтез. Гомогенный и гетерогенный катализ в ТОС. Основные требования, предъявляемые к катализаторам в промышленности. Алгоритм лабораторного синтеза	1
<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> Ознакомление с основными типами взаимодействий в катализе.	Изомеризация алкенов на гомогенных катализаторах. Изомеризация, протекающая через металлильные интермедиаты. Скелетная изомеризация. Понятия кинетического разделения и асимметрического синтеза (на примере гомогенного гидрирования в присутствии финилфосфиновых хиральных комплексов родия). Хиральность катализаторов или субстратов	1
<b>Модуль 5</b> <b>Цель:</b> Усвоение основ гомогенного катализа.	Окисление. Гомолитическое окисление. Автоокисление ароматических соединений на примере <i>n</i> -ксилола.	1
<b>Модуль 6</b> <b>Цель:</b> Ознакомление с основами катализа.	Активность металлов. Дисперсность металлов. Катализ на сплавах. Кислотные и цеолитные катализаторы. Причины появления кислотности. Сила кислотных центров. Количество кислотных центров. Кислотные свойства некоторых катализаторов. Цеолиты.	1
<b>Модуль 7</b> <b>Цель:</b> Усвоение основ химии переходных металлов.	Гидроформилирование на кобальтокарбонильных комплексах. Родиевые катализаторы. Сравнение кобальтовых и родиевых систем в гидроформилировании. Эпоксидирование, катализируемое переходными металлами, на примере эпоксидирования пропилена. Окисление алкенов, катализируемое палладием, на примере окисления этилена.	1
<b>Модуль 8</b> <b>Цель:</b> Ознакомление с механизмами каталитических реакций.	Адсорбционная теория Ленгмюра и мономолекулярная реакция на поверхности. Механизм Ленгмюра-Хиншельвуда. Гетерогенно-каталитическое гидрирование.	2

		Механизм Хорьюти-Поляни. Принцип Сабатье. Факторы, влияющие на активность и селективность гетерогенных катализаторов гидрирования.	
<b>Модуль 9</b> <b>Цель:</b> Усвоение основ гетерогенного катализа.	основ	Нанесенные металлические катализаторы. Гетеролитическое окисление. Гомогенное гидрирование комплексами переходных металлов. Пути активации субстрата. Пути присоединения водорода. Правило Толмана. Пример каталитического цикла. Особенности гетерогенно-каталитических реакций. Профиль поверхности потенциальной энергии. Понятие истинной и кажущейся энергии активации	2
<b>Модуль 10</b> <b>Цель:</b> Ознакомление с новыми направлениями катализаторов.	с новыми направлениями синтеза катализаторов.	Ферментоподобные катализаторы. Межфазные катализаторы. Мицеллярные катализаторы на полимерной основе	1
<b>Модуль 11</b> <b>Цель:</b> Ознакомление с перспективами катализаторов в синтезе.	с применением катализаторов в органическом синтезе.	Производства биологически активных соединений в пищевой промышленности, в технологии лекарственных средств и витаминов.	1

## 6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

### 6.1. Цели самостоятельной работы

Основными целями самостоятельной работы магистрантов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых, рациональных и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

### 6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям, к текущему контролю успеваемости; подготовке к экзамену.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдаются задания на практические занятия. Студенты выполняют задания в часы СРС в течение семестра в соответствии с освоением учебных разделов. Защита выполненных заданий производится поэтапно в часы практических занятий. Оценивание осуществляется путем устного опроса проводится по содержанию и качеству выполненного задания.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература по дисциплине

1. Лебедев, Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза : учебник для хим.-технол. спец. вузов : в составе учебно-методического комплекса / Н.Н. Лебедев. - 4-е изд. ; перераб. и доп. - М. : Альянс, 2013. - 589 с. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-91872-035-6 : 750 p. - (ID=99617-2)

2. Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. - 2-е изд. ; стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 19.08.2022. - ISBN 978-5-8114-2158-9. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212642> . - (ID=134187-0)

3. Механизмы гетерогенно-каталитических процессов с участием наночастиц палладия : учеб. пособие / Л.Ж. Никошвили [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - 79 с. : ил. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0909-5 : 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/122633> . - (ID=122633-1)

### 7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Матвеева, В.Г. Современные металлополимерные катализаторы : монография : в составе учебно-методического комплекса / В.Г. Матвеева, Э.М. Сульман; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2001. - 93 с. : ил. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7995-0168-3 : 44 p. - (ID=7480-10)

2. Москвичев, Ю.А. Продукты органического синтеза и их применение : учеб. пособие для вузов по напр. подготовки дипломир. специалистов "Химическая технология органических веществ и топлива" : в составе учебно-методического комплекса / Ю.А. Москвичев, В.Ш. Фельдблюм. - СПб. : Проспект Науки, 2009. - 376 с. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-903090-20-4 : 700 p. - (ID=84664-2)

3. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / В.А. Смит, А.Д. Дильман. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 750 с. : схем. - (Химия) (УМК-У). - Библиогр. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-94774-941-0 : 492 p. - (ID=80048-3)

4. Химическая технология лекарственных веществ. Основные процессы химического синтеза биологически активных веществ : учебное пособие / А.А. Иозеп [и др.]. - 3-е изд. ; стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2020. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 12.09.2022. - ISBN 978-5-8114-2037-7. - URL: <https://e.lanbook.com/book/130488> . - (ID=134195-0)

5. Самсонова, Т.И. Методы тонкого органического синтеза в технологии биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 2 / Т.И. Самсонова, Л.Ж. Никошвили, Э.М.

Сульман; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2011. - 127 с. - (УМК-У). - Сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0603-2 : 82 р. 80 к. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/89363> . - (ID=89363-76)

6. Самсонова, Т.И. Методы тонкого органического синтеза в технологии биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 1 / Т.И. Самсонова, Э.М. Сульман, Е.В. Ожимкова; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2007. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 127. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 5-7995-0386-4 : 0-00. - (ID=65638-1)

### 7.3. Методические материалы

1. Учебно-методический комплекс дисциплины "Катализаторы в тонком органическом синтезе" направления подготовки 18.04.01 Химическая технология, профиль: Химия и технология биологически активных веществ. 04.04.01 Химия, профиль: Химия функциональных наноматериалов : ФГОС 3++ / Каф. Биотехнологии, химии и стандартизации ; сост. В.Г. Матвеева. - 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/125522> . - (ID=125522-1)

### 7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

### 7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. - (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

При изучении дисциплины «Катализаторы в тонком органическом синтезе» используются современные средства обучения, возможна демонстрация лекционного материала с помощью проектора. Аудитория для проведения лекционных занятий, проведения защит и презентаций курсовых работ оснащена современной компьютерной и офисной техникой, необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

## **9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

### **9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 15. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием справочного материала и непрограммируемого калькулятора.

### **5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене:**

1) Квантово-химические модели в гетерогенном катализе.

- 2) Опишите области применения катализа в тонком органическом синтезе.
- 3) Опишите сущность каталитической денитрификации питьевой и сточной вод.
- 4) Термодинамическое и кинетическое толкование каталитических реакций.
- 5) Активация молекул в каталитическом цикле: путем координации и присоединения (окислительное, гомолитическое, гетеролитическое).
- 6) Конструирование кинетических моделей реакций в гетерогенном катализе.
- 7) Классификация гомогенных каталитических реакций.
- 8) Опишите сущность селективного гидрирования алкенов и алкинов.
- 9) Дайте сравнение каталитическому и биокаталитическому окислению фенолов.
- 10) Общая теория промежуточных комплексов в гомогенном катализе.
- 11) Основные положения и сущность мультиплетной теории в гетерогенном катализе.
- 12) Опишите сущность гидрирования альдегидов и кетонов.
- 13) Основные типы каталитических взаимодействий. Электрофильные и нуклеофильные взаимодействия.
- 14) Каталитический цикл. Правило «16 и 18 электронов».
- 15) Каким образом осуществляется расчет активности, селективности, энантиоселективности?
- 16) Гомогенный катализ комплексами переходных металлов.
- 17) Механизмы реакций. Гидролиз и конденсация.
- 18) Опишите принцип изомеризации алкенов на гомогенных катализаторах.
- 19) Опишите свойства цеолитов. Химия поверхности. Влияние морфологии на селективность катализируемых реакций.
- 20) Элементарные процессы в химии переходных металлов. Координация и диссоциация лигандов.
- 21) Особенности гетерогенно-каталитических реакций. Профиль поверхности потенциальной энергии. Понятие истинной и кажущейся энергии активации.
- 22) Что такое нанесенные металлические катализаторы? Активность металлов? Дисперсность металлов?
- 23) Приведите примеры каталитического гидрирования в синтезе биологически активных веществ.
- 24) Три стадии гетерогенного процесса. Диффузионная кинетика. Кинетическое и диффузионное сопротивление.
- 25) Окисление. Гомолитическое окисление. Автоокисление ароматических соединений на примере *n*-ксилола.
- 26) Опишите алкилирование бензола этиленом на кислоте Льюиса. Получение винилтолуола.

27) Охарактеризуйте кислотные свойства некоторых катализаторов. Количество кислотных центров. Цеолиты.

28) Кинетика гомогенной каталитической реакции (вывод основного уравнения). Классификация гомогенных каталитических реакций.

29) Опишите основные требования, предъявляемые к катализаторам в промышленности. Алгоритм лабораторного синтеза.

30) Гетерогенно-каталитическое гидрирование. Механизм Хорьюти-Поляни. Принцип Сабатье.

31) Гомогенное гидрирование комплексами переходных металлов. Пути активации субстрата.

32) Приведите характеристики гетерогенных катализаторов и методы их приготовления. Требования к носителям.

33) Опишите принцип окисления алкенов, катализируемого палладием, на примере окисления этилена.

34) Катализ и катализаторы. Активность, селективность, специфичность, энантиоселективность в катализе. Число (частота) оборотов. Сравнение указанных показателей для гомогенных и гетерогенных катализаторов.

35) Механизм Ленгмюра-Хиншельвуда.

36) Дайте характеристику носителей для катализаторов: оксид алюминия, кремнезем, активный уголь.

37) Опишите факторы, влияющие на активность и селективность гетерогенных катализаторов гидрирования.

38) Перспективы развития катализа в тонком органическом синтезе. Гетерогенизация гомогенных катализаторов.

39) Имобилизованные ферменты. Биокатализаторы

40) Опишите принцип карбонилирования алкинов и алкенов на никеле.

41) Опишите методы приготовления гетерогенных катализаторов.

42) Катализаторы на основе металлов, имобилизованных в полимерной матрице. Промоторы. Ингибиторы.

43) Приведите классификацию катализаторов.

44) Дайте определения: энантиомерный избыток, региоселективность, стереоселективность, диастереомеры, энантиомеры.

45) Электронная природа катализа.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы и решенных на компьютере задач задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

### **9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета**

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

### **9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы**

Учебным планом не предусмотрены.

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических работ, всех видов самостоятельной работы.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

## **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров 04.04.01 Химия  
Профиль – Химия функциональных наноматериалов  
Кафедра Биотехнологии, химии и стандартизации  
Дисциплина «Катализаторы в тонком органическом синтезе»  
Семестр 3

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:  
Активация молекул в каталитическом цикле: путем координации и присоединения (окислительное, гомолитическое, гетеролитическое).
2. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:  
Описать следующие методы получения гетерогенных катализаторов: осаждение, пропитка, плавление, выщелачивание.
3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:  
Опишите алкилирование бензола этиленом на кислоте Льюиса. Получение винилтолуола.

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

- «отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
- «хорошо» - при сумме баллов 4;
- «удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
- «неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2 балла;

Составитель: проф. кафедры БХС

В.Г. Матвеева

Заведующий кафедрой БХС

М.Г. Сульман